Title	Solutions of the Spinor-Spinor Bethe-Salpeter Equation in the Scalar-Vector Sector(Abstract_要旨)
Author(s)	Higasijima, Kiyoshi
Citation	Kyoto University (京都大学)
Issue Date	1976-03-23
URL	http://hdl.handle.net/2433/221136
Right	
Type	Thesis or Dissertation
Textversion	none

【 79 】

氏　　　　　名	東（ひがし）　島（じま）　　清（きよし）
学位の種類	理　学　博　士
学位記番号	論理博第522号
学位授与の日付	昭和51年3月23日
学位授与の要件	学位規則第5条第2項該当
学位論文題目	**Solutions of the Spinor-Spinor Bethe-Salpeter Equation in the Scalar-Vector Sector** （スピノール粒子についてのベーテ・サルピーター方程式のスカラー・ベクター部における解）
論文調査委員	（主　査） 教授 町田　茂　　教授 林　忠四郎　　教授 田中　正

論　文　内　容　の　要　旨

場の量子論において場のあいだの相互作用によって束縛状態が生じるばあい，その束縛状態をあらわす振幅がみたす方程式は Bethe-Salpeter (BS) 方程式と呼ばれている。この方程式は特殊相対性理論の要求をみたしており，素粒子の理論にとって重要な内容をふくむはずであると思われるが，この方程式を解くことがきわめて難かしいために，その解の性質についてはごく少ししかわかっていない。

一方，最近の素粒子に関する実験と理論の進歩によって素粒子は何らかの意味でより簡単な粒子の複合系と考えられる面があることが明らかとなってきた。素粒子の属性にみられるいろいろな対称性，高エネルギーで運動量の大きな交換を伴なう非弾性散乱でのスケーリングに関連する現象などがそのおもな例である。複合素粒子の理論としてクォーク模型などがあり，最近のプサイ粒子，重い軽粒子の発見などによってその拡張の研究が理論的・実験的に進められている。現象のなかには非相対論的な理論でよく合うものもあるが，多くの面から相対論的な扱いかたを確立することが強く望まれている。

このようにして，場の量子論における相対論的な束縛系の性質を明らかにすることは，単に原理的な興味からだけでなく，現象を具体的に扱かうためにもきわめて重要な課題となっている。

申請者はこのような観点から，二つのスピン½の粒子（粒子—粒子およゆ粒子-反粒子系）に対する BS 方程式の解を調べた。この場合もっともよく調べられているのは，BS 方程式にあらわれる相互作用核を質量0の粒子の一回の交換だけに限るいわゆるハシゴ近似で，さらに束縛系の全運動量および全エネルギーをすべて0としたばあいである。このばあいには BS 方程式はかなり簡単になり相互作用常数に対する固有値問題となる。

申請者が研究しているのもこのばあいであって，いままで知られていなかった興味ある解を得てその性質を明らかにしたものである。

二つのスピン½の粒子の系のスピノル変換性は16個の4行4列の Dirac 行列によってあらわすことができ，それを相対論的変換性によってギスカラー，ギベクトル，テンソル，スカラー，ベクトルの五種類に

分類することができる。この五種類の成分は，全運動量および全エネルギーがすべて0のばあいには，三つの組に分割される。

ギスカラー成分はそれだけで一つの組をつくりその解は1953年 Goldstein によって得られ，連続スペクトルを持つ。ギベクトルーテンソル系の解は1964年に Kummer によって得られ不連続スペクトルを持つことが知られている。

スカラーベクトル系に対する方程式は連立微分方程式となり，いくつかの試みがあるが，解はまだ知られていなかった。申請者が解いたのはこの場合である。

この場合について視察及び計算機の使用によって二つの特殊解がそれぞれ知られていたが，申請者は特異微分方程式を扱う Bastai その他の方法を用い連立微分方程式を4個の確定特異点を持つフックス型の二階常微分方程式に帰着させることができることを示した。

これは Heun 方程式と呼ばれるものでこれを解くことにより，申請者は次の結果を得ている。

i) 相互作用がスカラー型またはギスカラー型のとき解は存在しない。

ii) 相互作用がベクトル型のばあい，粒子一粒子系に対してはただ一つの解が存在し，粒子一反粒子系に対しては解は存在しない。

iii) 相互作用がギベクトル型のとき無限個の固有値が存在する。

申請者の得た結果により，二つのスピン½の粒子が質量0の粒子を交換する場合の束縛系の解が，ハシゴ近似の範囲で，全運動量および全エネルギーが0のばあいに，すべて明らかにされたと云える。

論文審査の結果の要旨

二個のスピン½の粒子の系（粒子一粒子または粒子一反粒子系）に対する Bethe-Salpeter (BS) 方程式において，質量0の粒子の1回の交換だけに相互作用を限定し（ハシゴ近似），全エネルギーおよび全運動量がすべて0の場合を考えると，問題は相互作用常数に対する固有値問題となる。

二個のスピン½の粒子は16個の Dirac 行列で展開できるが，上記のばあい，BS 方程式は三つの組に分れる。

ギスカラー成分に対する解は1953年に Goldstein によって得られ，連続スペクトルを持つことが知られている。ギベクトルーテンソル連立系に対する解は1964年に Kummer によって得られ不連続スペクトルを有する。

申請者の主論文は解の性質が知られていなかったスカラーベクトル連立系の解を求め，その性質を明らかにしたものである。

申請者は位置空間におけるハシゴ近似の BS 方程式を考え，時間軸を複素平面で虚数軸まで廻転することによって空間の計量をミンコフスキー計量からユークリッド計量に変える。BS 方程式はスカラー成分とベクトル成分とに対する二階連立偏微分方程式となるが，4次元ユークリッド空間での球関数の主量子数が0の場合に限ることとして，二階連立常微分方程式をうる。申請者は解に対する，距離無限大および無限小での境界条件をくわしく調べ，これが解をうるのに役立つことを示している。

近距離での波動関数の振舞いは，BS 方程式における運動部分だけでなく相互作用部分にもよるので，

申請者は Bastai その他の方法を使い，相互作用のうちもっとも特異性の強い部分を運動部分から分けずにあつかっている。この方法を用いると，近距離での漸近形の扱いの見通しがよくなり，近距離では Bessel 関数によって表現できることがわかる。実際 Bessel 関数によって波動関数の積分変換を行なうと，方程式は，一つの成分に対する Fuchs 型の二階常微分方程式となることが示される。

適当な変換によってこれは Heun 方程式と呼ばれる四個の確定特異点を持つ微分方程式となり，その解は超幾何関数によってあらわされる。

その解を調べることにより申請者は次の結果を得た。

i) 相互作用がスカラー型またはギスカラー型のとき解は存在しない。

ii) 相互作用がベクトル型のばあい，粒子—粒子系に対してはただ一つの解が存在し，粒子—反粒子系に対しては解は存在しない。

iii) 相互作用がギベクトル型のとき無限個の離散固有値に属する解が存在する。

申請者が得た結果によってすべての場合の解が得られたことになる。これは興味ある結果であって，素粒子の理論にとって示唆するところ大きいものである。

参考論文1はハドロンの反応にあらわれる場の演算子の異常次元がハドロンの複合性にもとづくことを明らかにしたものであり，参考論文2は電子対の消滅によって多数のハドロンが発生する現象を理論的に研究したものであって，いづれもこの分野における申請者の高い研究能力を示している。

よって，本論文は理学博士の学位論文として価値あるものと認める。